
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

EBB 215/3 – Semiconductor Materials *[Bahan Semikonduktor]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains THIRTEEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of ONE question from PART A, THREE questions from PART B and THREE questions from PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi SATU soalan dari BAHAGIAN A, TIGA soalan dari BAHAGIAN B dan TIGA soalan dari BAHAGIAN C.]

Instruction: Answer question from PART A, **TWO** questions from PART B and **TWO** questions from PART C. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

Arahan: Jawab soalan dari BAHAGIAN A, **DUA** soalan dari BAHAGIAN B dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies, the English version must be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] What are the two major differences between Schottky barrier and Ohmic contact?

Apakah dua perbezaan utama antara penghalang Schottky dan sentuhan Ohmik?

(10 marks/markah)

- [b] State a condition where diffusion current will occur in a semiconductor. Use an appropriate equation to explain your statement.

Nyatakan keadaan yang mana arus resapan boleh berlaku dalam bahan semikonduktor. Gunakan persamaan yang sesuai untuk menerangkan jawapan anda.

(15 marks/markah)

- [c] When a p-n junction is formed, an electric field will develop at the junction. By the use of an appropriate diagram, explain how the field forms?

Apabila satu simpang p-n dihasilkan, medan elektrik akan terbentuk pada simpang tersebut. Dengan menggunakan gambarajah yang sesuai, terangkan bagaimana medan ini terbentuk.

(25 marks/markah)

- [d] Describe single crystal, polycrystalline and amorphous semiconductor. List down their advantages and disadvantages in semiconductor devices.

Jelaskan semikonduktor kristal tunggal, polikristal dan amorfus. Senaraikan kebaikan dan keburukan semikonduktor tersebut dalam peranti semikonduktor.

(25 marks/markah)

- [e] With the help of appropriate diagrams, explain the conductivity of semiconductor materials at low temperature and high temperature.

Dengan bantuan gambarajah-gambarajah yang sesuai, terangkan kekonduksian bahan semikonduktor pada suhu rendah dan suhu tinggi.

(25 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] Semiconductor materials are known for having properties in between conductor and insulator. Explain what makes semiconductor different from conductor and insulator.

Bahan semikonduktor diketahui mempunyai sifat antara konduktor dan penebat. Terangkan apakah yang menyebabkan semikonduktor mempunyai sifat berlainan berbanding dengan konduktor dan penebat.

(20 marks/markah)

- [b] Briefly describe typical bonding forces in the following semiconductor materials. Given the atomic number: Al=13, P= 15, Si=14, Ge= 32, Zn= 30, O= 8, Ga= 31, As= 33.

- (i) AlP
- (ii) SiGe
- (iii) ZnO
- (iv) GaAs

Jelaskan daya-daya ikatan yang biasa terdapat dalam bahan semikonduktor berikut. Diberi nombor atom: Al=13, P= 15, Si=14, Ge= 32, Zn= 30, O= 8, Ga= 31, As= 33.

- (i) AlP
- (ii) SiGe
- (iii) ZnO
- (iv) GaAs

(40 marks/markah)

- [c] Compound semiconductor materials are beneficial in tuning the properties to suit certain applications. By giving appropriate examples, explain types of semiconductor materials below:
- (i) Binary compounds
 - (ii) Oxides

Bahan semikonduktor campuran berguna untuk melaras sifat bahan semikonduktor supaya menepati sifat yang diperlukan dalam sesuatu aplikasi. Dengan memberikan contoh yang sesuai, terangkan jenis bahan semikonduktor di bawah:

- (i) Sebatian binari*
- (ii) Oksida*

(40 marks/markah)

3. [a] Silicon carbide (SiC) has been widely studied for wide range devices and sensors applications. What are the typical properties of SiC?

Silikon karbida (SiC) telah dikaji secara meluas untuk kegunaan sebagai pelbagai peranti dan pengesan. Apakah sifat-sifat penting SiC?

(20 marks/markah)

- [b] Properties of semiconductor devices are highly dependent on defects. By giving 2 appropriate examples for each, explain the following defects in semiconductor materials.
- (i) Line or one-dimensional defects
 - (ii) Area or two-dimensional defects

Sifat peranti semikonduktor sangat bergantung pada kecacatan. Dengan memberikan 2 contoh yang sesuai, terangkan kecacatan berikut dalam bahan semikonduktor.

- (i) *Kecacatan 1-dimensi atau garisan*
- (ii) *Kecacatan 2-dimensi atau keluasan*

(60 marks/markah)

- [c] Silicon and germanium are the most widely used semiconductor materials. What are the differences between silicon and germanium? Why silicon is more favorable compared to germanium?

Silikon dan germanium merupakan bahan semikonduktor yang banyak digunakan. Apakah perbezaan di antara silikon dan germanium? Kenapa silikon lebih digemari berbanding germanium?

(20 marks/markah)

4. [a] The following dopants could form n-type and/or p-type semiconductor materials. Explain types of semiconductor materials that could form by these dopants. Given the atomic number: Ge= 32, Al=13, P= 15, As= 33, In=49, Si=14.

- (i) Ge doped AlP
- (ii) As doped Ge
- (iii) In doped Si

Pendopan berikut boleh menghasilkan bahan semikonduktor jenis-n dan jenis-p. Jelaskan jenis bahan semikonduktor yang boleh dihasilkan oleh pendopan berikut. Diberi nombor atom: Ge= 32, Al=13, P= 15, As= 33, In=49, Si=14.

- (i) *Ge terdop AlP*
- (ii) *As terdop Ge*
- (iii) *In terdop Si*

(40 marks/markah)

...7/-

- [b] Answer the following questions:
- (i) Define 'wave particle duality'?
 - (ii) What are the importance of the uncertainty principle?
 - (iv) State 3 applications of Schrodinger's wave equation

Jawab soalan berikut:

- (i) *Jelaskan 'kedualan gelombang partikel'?*
- (ii) *Apakah kepentingan prinsip ketidakpastian?*
- (iii) *Nyatakan 3 aplikasi persamaan gelombang Schrodinger*

(20 marks/markah)

- [c] Energy band diagram can be developed following tight binding approximation (atomistic) or one electron approach. Explain the formation of energy band in germanium. Given the atomic number of germanium is 32.

Gambarajah jalur tenaga boleh dihasilkan mengikut penghampiran ikatan erat (atomistik) atau pendekatan satu elektron. Terangkan pembentukan jalur tenaga bagi germanium. Diberi nombor atom germanium ialah 32.

(40 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

5. [a] InP is a semiconductor material with the following properties: Electron mass is $0.077m_0$ and the hole mass is $0.64m_0$, electron mobility of $5000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$ and hole mobility of $150 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $n_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Answer the following questions:

InP adalah bahan semikonduktor yang mempunyai ciri-ciri yang berikut: Jisim elektron ialah $0.077m_0$ dan jisim lohong ialah $0.64m_0$, kelincahan elektron ialah $5000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$ dan kelincahan lohong ialah $150 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $n_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Jawab soalan-soalan berikutnya:

- (i) Calculate and comment on the resistivity of intrinsic InP at room temperature?

Kirakan dan berikan komen terhadap kerintangan InP intrinsik pada suhu bilik.

(20 marks/markah)

- (ii) If the InP wafer is heated to 500°C , what will happen to the conductivity? Sketch temperature versus mobility graph to explain your answer.

Jika wafer InP dipanaskan pada suhu 500°C , apakah yang akan berlaku terhadap kekonduksiannya? Gunakan graf suhu melawan kelincahan untuk menerangkan jawapan anda.

(20 marks/markah)

- (iii) If n-type dopants ($N_D = 1 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$) were added to the InP wafer, would the resistivity of the wafer increase or decrease? Why?

Jika dopan jenis-n ($N_D = 1 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$) ditambahkan dalam wafer InP, adakah kerintangan InP bertambah atau berkurangan? Kenapa?

(20 marks/markah)

- (iv) One method to measure the mobility of the doped wafer is using Hall effect. Explain briefly on how mobility can be measured using this technique.

Satu kaedah untuk mengukur kelincahan wafer terdop ialah dengan menggunakan kesan Hall. Terangkan secara ringkas bagaimana kelincahan boleh diukur dalam menggunakan teknik ini.

(20 marks/markah)

- [b] Einstein Relation can be used to relate drift and diffusion current. Derive the equation and explain the significance of this equation.

Hubungan Einstein boleh digunakan untuk menghubungkan arus hanyutan dan arus resapan. Terbitkan persamaan ini dan terangkan kepentingannya.

(20 marks/markah)

6. [a] An abrupt junction between n-type ($1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) and p-type ($1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) silicon is produced to create a silicon solar cell. Energy gap of silicon is 1.12 eV. At for equilibrium, determine:

Satu simpang silikon dibentuk dengan bahan jenis n ($1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) dan jenis p ($1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) untuk menghasilkan sel suria. Jurang tenaga silikon ialah 1.12 eV. Carikan pada keadaan keseimbangan:

- (i) The junction built in voltage.

Voltan terbentuk pada simpang.

(15 marks/markah)

- (ii) Given that the depletion region width is $0.1 \mu\text{m}$. Explain how the depletion region is formed.

Diberikan luas kawasan susut ialah $0.1 \mu\text{m}$. Terangkan bagaimana kawasan susut terbentuk.

(20 marks/markah)

- (iii) Calculate the maximum electric field at the depletion region. Is the electric field constant across the depletion region? Use a sketch of the distribution of the electric field across the depletion region to help in your answer.

Kirakan medan elektrik maksimum. Adakah medan elektrik malar di sepanjang kawasan susut? Gunakan lakaran taburan medan elektrik pada kawasan susut untuk membantu jawapan anda.

(20 marks/markah)

- (iv) Sketch the energy band diagram reflecting your calculations above.

Lakarkan gambarajah tenaga untuk mencerminkan pengiraan anda di atas.

(20 marks/markah)

- [b] Generation and recombination occurs when thermal equilibrium of a semiconductor material is disturbed. If the semiconductor is shone with light with photon energy larger than the energy band gap of the semiconductor, explain what happens to the charge carrier? Use a band diagram labeled with E_g , E_F , E_C , E_V to explain your answer.

Generasi dan gabungan semula berlaku apabila keadaan keseimbangan terma bahan semikonduktor diganggu. Jika semikonduktor tersebut disinari dengan cahaya yang mempunyai tenaga foton yang lebih besar daripada jurang tenaga semikonduktor, apakah yang akan berlaku kepada cas pembawa? Gunakan gambarajah tenaga berlabel E_g , E_F , E_C , E_V untuk menerangkan jawapan anda.

(25 marks/markah)

7. [a] A p-n junction is between n-type GaN and p-type GaN dopants. Answer the following questions:

Satu simpang p-n dibentuk di antara n GaN dan p GaN. Jawab soalan-soalan berikut:

- (i) State one technique to produce the junction in GaN. Use a sketch to explain the technique stated.

Nyatakan satu teknik untuk menghasilkan simpang pada GaN tersebut. Gunakan lakaran untuk menerangkan teknik yang telah dinyatakan.

(15 marks/markah)

- (ii) Sketch a graph to show the distribution of the p-dopants in the n-type GaN wafer. Explain.

Lakarkan graf taburan dopan-p di dalam wafer GaN yang berjenis-n ini. Terangkan.

(15 marks/markah)

- (iii) The junction is now reverse biased with reverse biased junction voltages of 1V, 5V and 10V. Junction current is measured at each voltage applied. At 1V and 5V, the junction current cannot be detected. But at 10V, a large current is detected across the junction. Discuss what happens.

Simpang ini kemudiannya dipincang belakang dengan voltan 1V, 5V dan 10V. Arus pada simpang diukur. Pada 1V dan 5V, arus simpang tidak dapat dikesan. Pada 10V, arus yang besar dikesan mengalir pada simpang. Terangkan apa yang berlaku.

(30 marks/markah)

...13/-

- [b] (i) Explain briefly on the Fermi Dirac distribution in a semiconductor.

Terangkan dengan ringkas berkenaan taburan Fermi Dirac di dalam semikonduktor.

(20 marks/markah)

- (ii) Mobility is an important parameter in a semiconductor. Derive an equation which relates mobility to conductivity of a semiconductor.

Kelincahan ialah satu parameter penting dalam semikonduktor. Terbitkan persamaan yang menghubungkan kelincahan dengan kekonduksian semikonduktor.

(20 marks/markah)